



Semnan University

Climate and Ecosystem of Arid and Semi-arid Regions

<https://ceasr.semnan.ac.ir>



Research Article

Effect of Planting *Cupressus sempervirens* in the Natural Broadleaf Forests on the Physical and Chemical Properties of the Soil (Case Study: Pilambra Forest of Paresar, Gilan)

Ahmad Mazaheri^a, Alireza Moshki^{b,*}, Hooman Ravanbakhsh^c and Mohammadkia Kianian^d

^a MSc. Graduate of Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

^b Associate Professor, Department of Forestry in Arid Region, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

^c Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

^d Assistant Professor, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Article: 14 July 2024

Received: 19 August 2024

Accepted: 27 September 2024

Keywords:

Physical and chemical properties of soil, broadleaf forest, *Cupressus sempervirens*, Gilan.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: One of the major challenges in managing the forests is selecting suitable species for afforestation and restoration of degraded areas. Coniferous species such as *Cupressus sempervirens* have received attention in recent years due to their unique characteristics. On the other hand, conversion of natural broadleaf forests to coniferous forests may cause changes in the physical and chemical properties of the soil. The aim of the present study is to compare the physical and chemical properties of soil in three areas including pure coniferous stand, natural broadleaf stand, and mixed broadleaf and coniferous stand in the Pilembra forest of Paresar, Gilan province. This study was conducted with the aim of making decisions about expanding afforestation with the species *Zerbin*. Studying soil changes in these areas can provide useful information for improving forest management in the region. Studying soil changes in these areas can provide useful information for improving forest management in the region. Usually, effect of broadleaf or coniferous species on soil properties has been studied separately, but it has been less common to study a pure broadleaf stand and a pure coniferous stand simultaneously alongside a mixed stand of these two species.

Materials and Methods: The geographical area under the study is located 73 kilometers from Rasht city in Gilan province. The minimum and maximum altitudes above sea level are 80 and 118 meters, respectively, and the average slope of the area is 8 percent. For this study, three linear transects, each 200 meters long with sampling intervals of 10 meters, were established. Sampling was conducted from the soil depth of 15 to 20 cm. The samples were transferred to the laboratory, and after preparation, soil factors such as pH, electrical conductivity (EC), soil texture, available phosphorus and potassium, bulk density, and organic carbon

* Corresponding author: alireza_moshki@semnan.ac.ir

were measured. Duncan and Tukey statistical tests were used to compare the data between the three regions.

Results: Results of the study indicated that physical and chemical properties of the soil varied significantly across the three regions. The soil pH was highest in the broadleaf region and lowest in the needleleaf region. Electrical conductivity (EC) in the mixed region was intermediate between the other two regions. Bulk density also showed a significant difference across the three regions. The organic matter content was similar in the needleleaf and mixed regions, while the lowest potassium content was observed in the mixed region. Additionally, the highest phosphorus content was found in the mixed region, and the lowest was recorded in the needleleaf region. The nitrogen content was highest in the broadleaf region, whereas the lowest was observed in the mixed region. In terms of soil texture composition, the clay percentage was higher in the broadleaf region compared to the other two regions, while the sand percentage was highest in the needleleaf region.

Conclusion: According to the results obtained in this study, it can be said that pure coniferous planting has a negative impact on the soil of the research area, but its impact is desirable and acceptable when mixed with broadleaf forest. It should be noted that other indicators, in addition to this research topic, such as ecosystem conditions, regional plant competition, presence of pests and natural disasters, forest economics and environmental actions, as well as the discussion of water exchange, should be considered in order to provide a more precise opinion on how to plant the Zerbin species.

Cite this article as: Mazaheri, A., Moshki, A., Ravanbakhsh, H. and Kianian, M. K. (2025). Effect of planting *Cupressus sempervirens* in the natural broadleaf forests on the physical and chemical properties of the soil (Case study: Pilambra forest of Paresar, Gilan). *Climate and Ecosystem of Arid and Semi-arid Regions*, 2(1), 195-210.



اقلیم و بوم سازگان

مناطق خشک و نیمه خشک

<https://Desert.semnan.ac.ir/>



دانشگاه سمنان

مقاله پژوهشی

تأثیر کاشت سوزنی برگ زربین در جنگل های طبیعی پهن برگ بر خصوصیات فیزیکی و

شیمیایی خاک (تحقیق موردی: جنگل پیلمبرا، پره سر گیلان)

احمد مظاهری^۱، علیرضا مشکی^{۲*}، هومن روان بخش^۳ و محمد کیا کیانیان^۴

^۱ کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

^۲ دانشیار گروه جنگلداری در مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

^۳ استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

^۴ استادیار گروه بیابان زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

*: نویسنده مسئول، alireza_moshki@semnan.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۳۱ واژه های کلیدی: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، جنگل پهن برگ، زربین، گیلان.	سابقه و هدف: یکی از چالش های مهم در مدیریت جنگل ها، انتخاب گونه های مناسب برای جنگل کاری و احیای مناطق تخریب شده است. گونه های سوزنی برگ مانند زربین (<i>Cupressus sempervirens</i>) به دلیل ویژگی های خاص خود در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته اند. از سوی دیگر، تغییر کاربری جنگل های طبیعی پهن برگ به جنگل های سوزنی برگ ممکن است تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ایجاد کند. هدف از پژوهش حاضر، مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در سه منطقه شامل توده ی خالص سوزنی برگ، توده طبیعی پهن برگ و توده آمیخته ی پهن برگ و سوزنی برگ، در جنگل پیلمبرا پره سر استان گیلان است. این تحقیق با هدف تصمیم گیری در مورد گسترش جنگل کاری با گونه زربین انجام شده است. بررسی تغییرات خاک شناسی در این نواحی می تواند اطلاعات مفیدی برای بهبود مدیریت جنگل های منطقه ارائه دهد. معمولاً تأثیر پهن برگان و یا سوزنی برگان بر خصوصیات خاک به صورت جداگانه بررسی شده است، ولی اینکه یک توده خالص پهن برگ و یک توده خالص سوزنی برگ همزمان در کنار یک توده آمیخته این دو گونه مورد بررسی قرار گیرد، کمتر انجام شده است. مواد و روش ها: منطقه جغرافیائی مورد تحقیق، در فاصله ۷۳ کیلومتری از شهر رشت در استان گیلان واقع شده است. کمینه و بیشینه ی ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۸۰ و ۱۱۸ متر و متوسط شیب در منطقه، ۸ درصد است. برای این تحقیق، سه ترانسکت خطی، هر یک به طول ۲۰۰ متر و با فواصل قطع نمونه ۱۰ متر از یکدیگر، تعیین شد. نمونه برداری از عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری خاک صورت گرفت. نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شده و پس از آماده سازی، فاکتورهای خاکی شامل اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، بافت خاک، میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب، چگالی ظاهری و کربن آلی اندازه گیری شد. برای تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS و برای مقایسه داده های بین سه ناحیه، از آزمون های آماری دانکن و توکی استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد، که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در سه ناحیه مورد بررسی تفاوت‌های معناداری دارند. میزان pH خاک در منطقه پهن‌برگ بیشترین مقدار و در ناحیه سوزنی‌برگ کمترین مقدار را داشت. هدایت الکتریکی در ناحیه آمیخته در حد واسط دو منطقه دیگر بود. جرم مخصوص ظاهری نیز تفاوت معناداری در سه منطقه نشان داد. درصد مواد آلی در ناحیه سوزنی‌برگ و آمیخته نزدیک به هم بود و کمترین مقدار پتاسیم در ناحیه آمیخته مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار فسفر در ناحیه آمیخته و کمترین مقدار آن در ناحیه سوزنی‌برگ ثبت شد. میزان نیتروژن خاک در ناحیه پهن‌برگ بیشترین مقدار را داشت، در حالی که در ناحیه آمیخته کمترین مقدار مشاهده شد. از نظر ترکیب بافت خاک، درصد رس در ناحیه پهن‌برگ بیشتر از دو منطقه دیگر بود، در حالی که درصد شن در ناحیه سوزنی‌برگ بیشترین مقدار را داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان گفت که کاشت خالص سوزنی‌برگ، تأثیر منفی بر خاک منطقه مورد تحقیق دارد، اما تأثیر آن به‌صورت آمیخته با جنگل پهن‌برگ مطلوب و قابل قبول است. لازم به ذکر است که، شاخص‌های دیگر در کنار این موضوع تحقیق، مانند شرایط اکوسیستم، رقابت گیاهان منطقه، وجود آفات و بلایای طبیعی، اقتصاد جنگل و کنش‌های محیطی، و همچنین بحث تبادلات آب باید مدنظر قرار گیرد تا در خصوص چگونگی کاشت گونه زرین نظر دقیق‌تری داد.

استناد: مظاهری، ا.، مشکى، ع. ر.، روائبخش، ه. و کیانیان، م. ح. (۱۴۰۴). تأثیر کاشت سوزنی‌برگ زرین در جنگل‌های طبیعی پهن‌برگ بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (تحقیق موردی: جنگل پیلمبرا، پره‌سر گیلان). اقلیم و بوم‌سازگان مناطق خشک و نیمه‌خشک، ۲(۱)، ۲۱۰-۱۹۵.

DOI: <https://doi.org/10.22075/ceasr.2025.37155.1043>

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

اهمیت جنگل و جنگل کاری به دلیل تلطیف هوا و چشم انداز، همچنین ترسیب کربن، تولید چوب و مشتقات آن، حفاظت خاک، گردشگری و غیره برکسی پوشیده نیست. امروزه، هدف از جنگل کاری حفظ حیات وحش، گیاهان غیرتجاری و حفظ تنوع زیستی است (Azami و همکاران، ۲۰۱۶). از دیدگاه جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، گونه هایی در جنگل کاری یا ترمیم جنگل مناسب هستند که علاوه بر موارد اقتصادی، موجب ارتقای خاک عرصه و افزایش تنوع زیستی از نظر گیاهی و جانوری شوند (Fakhari Rad، ۲۰۱۴؛ Eshaqirad و همکاران، ۲۰۱۵). برای دستیابی به اکوسیستم جدید و پایدار، اثر جنگل کاری بر خاک نیز مورد توجه واقع شده است (Piotto و همکاران، ۲۰۰۴؛ Jalilvand و همکاران، ۲۰۱۴؛ Zarrinkafsh و همکاران، ۲۰۱۴؛ Oksanen و همکاران، ۲۰۲۰). یک گونه درختی می تواند روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، عمق و پراکنش ریشه ها، مقدار تثبیت و معدنی شدن نیتروژن، جمعیت نرم تنان و در مجموع حاصلخیزی خاک تأثیرگذار باشد (Montagnini، ۲۰۰۰). در خصوص جنگل کاری باید گفت که خاک و پوشش گیاهی تأثیر چشم گیری بر هم دارند. تأثیر خاک در ایجاد تنوع در پوشش گیاهی و تأثیر پوشش گیاهی روی خصوصیات خاک غیرقابل انکار است (Liu و Sun، ۲۰۲۰). برای مثال، گونه های سوزنی برگ موجب اسیدی شدن خاک زیر پوشش خود می شوند (Moraghebi و همکاران، ۲۰۱۳). تحقیقاتی در رابطه با تأثیر جنگل کاری سوزنی برگ و پهن برگ بر مقدار ذخیره کربن خاک در منطقه جنگلی برنجستانک استان مازندران انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که نوع رویشگاه و عمق اثر معناداری بر مقدار ذخیره کربن خاک دارند (Jalilvand و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین، Sayad و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی که بین توده های خالص و آمیخته صنوبر و توسکا ارائه دادند، از نظر pH خاک بین این دو منطقه خالص و آمیخته اختلاف معنی داری را گزارش ندادند. بررسی اثر جنگل کاری با سوزنی برگ غیربومی و پهن برگ پارک جنگلی گهررود، نشان داد که گونه سوزنی برگ کاج بروسیا موجب افزایش مقدار شوری، فسفر قابل جذب، کاهش مقدار کربن آلی، pH و ازت شده است (Matin Kia و همکاران، ۲۰۱۳). Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۱) میزان ذخیره سازی کربن در خاک پارک جنگلی لویزان تهران را بررسی کرده و نقش آن را در کاهش کربن جو ارزیابی کردند. Asghari Aghozgoleh و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر جنگل کاری با گونه های پهن برگ و سوزنی برگ را بر ویژگی های خاک و میزان ذخیره کربن در جنگل کولت بررسی کردند. نتایج نشان داد که جنگل کاری با گونه های پهن برگ در مقایسه با گونه های سوزنی برگ تأثیر بهتری بر بهبود ویژگی های خاک و افزایش ذخیره کربن دارد. Mousavi Sani و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر انواع گونه های گیاهی بر ویژگی های خاک در مراتع کوهستانی حوضه آبخیز کاخک را بررسی کردند. نتایج نشان داد که نوع گونه گیاهی تأثیر قابل توجهی بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک، به ویژه در بهبود مواد آلی، نگهداشت رطوبت و پایداری خاک داشت. Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر زوال درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) را بر ویژگی های خاک در جنگل های کوهمره سرخی، استان فارس، بررسی کرده و نشان دادند که زوال بلوط موجب تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از جمله کاهش مواد آلی و تغییر در pH و عناصر مغذی، می شود که می تواند بر پایداری اکوسیستم تأثیر منفی بگذارد. تحقیق Kooch و Sohrabzadeh (۲۰۲۴) نشان می دهد که پوشش درختچه ای در مناطق نیمه خشک تأثیر مثبتی بر ویژگی های خاک، از جمله بهبود مواد آلی، رطوبت و عناصر مغذی خاک در مقایسه با مناطق بدون پوشش درختچه ای داشت. در خصوص اهمیت مواد آلی خاک مانند بقایای شاخه و برگ درختان و لایه های لاشبرگ با افزایش نیتروژن و کربن آلی خاک، اثبات شده است که به بخش معدنی خاک منتقل شده و موجب افزایش فعالیت ریشه ها و کاهش وزن مخصوص ظاهری می شود. در پژوهش های صورت گرفته، همبستگی معناداری بین ذخیره ترسیب کربن در توده سوزنی برگ و نیتروژن خاک مشاهده شده است (Khalili Ardali و همکاران، ۲۰۱۹). در رابطه با تأثیر توده بلوط بر کیفیت خاک نشان داده شده که pH، مقدار کلسیم، منیزیم و فسفر خاک توده بلوط آمیخته با گونه هایی که نقش همراه دارند، بیشتر از جنگل کاری خالص بلوط بوده

است (Mohr و همکاران، ۲۰۰۵). تحقیقاتی در کاستاریکا نشان داده که در جنگل‌های آمیخته، نسبت به خالص، وضعیت فسفر خاک بهبود یافته و خاک مواد آلی خود را دیرتر از دست می‌دهد (Montagnini, ۲۰۰۰). در تحقیقی، اثرات جنگل‌کاری با گونه سوزنی‌برگ *Pinus Caribae* و پوشش گیاهی ساوانا حاکی از آن بود که جنگل‌های کاج و سوزنی‌برگان می‌توانند ذخیره کربن، فسفر، گوگرد و نیتروژن را بهبود بخشند (Thomas و Vilela, ۲۰۰۱؛ Weidlich و همکاران، ۲۰۲۰؛ Moscatelli و همکاران، ۲۰۲۲).

هدف اصلی انجام این مطالعه، بررسی تأثیر کاشت سوزنی‌برگ بومی زرین بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مقایسه با توده‌های پهن‌برگ موجود در این منطقه، جهت تصمیم‌نهایی در جهت گسترش جنگل‌کاری‌های زرین یا عدم گسترش آن می‌باشد. در این تحقیق، گونه زرین به دلیل بومی بودن، تند رشد بودن، قابلیت کاشت در شیب‌های مختلف و مدیریت جنگل به منظور تولید چوب و رزین، همچنین ترمیم بافت صدمه دیده جنگل‌های پهن‌برگ خزری به‌صورت توأم یا خالص در زمینه خاک‌شناسی و بررسی تأثیر آن بر خاک جنگل انتخاب شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه پژوهش

منطقه جغرافیایی مورد تحقیق، در فاصله ۷۳ کیلومتری از شهر رشت در استان گیلان واقع شده است. کمینه و بیشینه‌ی ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۸۰ و ۱۱۸ متر و متوسط شیب منطقه، ۸ درصد و جهت عمومی، شمال غربی- شمال شرقی است. همچنین، منطقه دارای حداقل بیرون‌زدگی و فاقد دیواره سنگی است. سنگ مادری از نوع شیلی زغالی و ماسه‌سنگ و تیپ خاک منطقه قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای تیره و بافت خاک متوسط تا سنگین است. سه ناحیه جنگل‌کاری با گونه‌های زرین، جنگل پهن‌برگ طبیعی و منطقه آمیخته سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. بارندگی سالانه ۱۰۱۴ میلی‌متر و میزان بارش در فصل رویش (اردیبهشت ماه تا آبان ماه) به طور میانگین ۶۱۸ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین و کمترین مقدار بارندگی در ماه‌های مهر (۱۸۲ میلی‌متر) و مرداد (۵۱ میلی‌متر) می‌باشد. متوسط دمای سالانه ۱۷ درجه سلسیوس و متوسط دما در فصل رویش ۲۲ درجه سلسیوس می‌باشد. اقلیم منطقه با استفاده از دو روش دومارتن و آمبرژه به ترتیب بسیار مرطوب و مرطوب معتدل به دست آمده است. خاک کم‌تحول یافته تا تکامل یافته به‌نسبت عمیق با بیشینه عمق ۸۰-۷۰ سانتی‌متر و افق‌های خاک از نوع A (B) C تا ABC است. خاک فاقد کوبیدگی و فرسایش و رده خاک آلفی سول می‌باشد (Fakhari Rad, ۲۰۱۴). برای افزایش دقت و صحت تحقیق، از روش آماربرداری ۱۰۰ در صد استفاده شده است.

۲-۲. روش کار

در عرصه مورد تحقیق، ۱۵ نمونه خاک از منطقه تحقیق (توده سوزنی‌برگ زرین و جنگل پهن‌برگ طبیعی و منطقه شاهد) به روش تصادفی برداشت گردید. منطقه حد واسط (آمیخته) بین دو توده سوزنی‌برگ زرین و جنگل پهن‌برگ طبیعی به عنوان منطقه شاهد در نظر گرفته شد. از منطقه شاهد نیز ۵ نمونه برداشت شد. در داخل هر یک از عرصه‌های مورد تحقیق، ۵ نقطه به صورت تصادفی انتخاب گردید. در هر نقطه، پس از کنار زدن لایه لاشبرگ، از عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری انجام گرفت. نمونه‌ها به منظور اندازه‌گیری مشخصات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شدند و پس از خشک و نرم شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و برای اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی آماده گردیدند. در آزمایشگاه، اندازه‌گیری رطوبت گل اشباع خاک به روش وزنی، اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه و پارافین (Blake و Hartge, ۱۹۸۶)، اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee و همکاران، ۱۹۸۶)، اندازه‌گیری pH خاک توسط دستگاه pH متر پس از واسنجی، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک (EC) با کمک دستگاه سنجش هدایت الکتریکی، اندازه‌گیری نیتروژن با کمک

دستگاه کجالتک، اندازه گیری کربن خاک به روش اکسیداسیون مرطوب (Black و Walkley، ۱۹۳۴)، اندازه گیری مجموع کلسیم محلول با روش تیتراسیون با ETDA (Jafari Haqiqi، ۲۰۱۳)، اندازه گیری پتاسیم محلول و تبدیلی به روش استات آمونیوم (Tandon، ۱۹۹۵) انجام شد. به منظور نرمال بودن و همگنی واریانس به ترتیب از آزمون های کولموگروف-اسمیرنوف و آزمون لون و برای تحلیل داده ها از نرم افزار SSS16 استفاده گردید. برای مقایسه فاکتورهای خاک شامل pH، درصد مواد آلی، هدایت الکتریکی، بافت، میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم، ابتدا از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد و سپس در صورت معنی دار بودن اختلاف میانگین ها، گروه بندی آنها توسط آزمون مقایسه میانگین توکی صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. مشخصات فیزیکی خاک

نتایج تحقیق نشان داد که وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و بافت نمونه های خاک تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند. از این رو، جنگل کاری به صورت آمیخته و یا خالص در زمان ۴۰ سال تأثیر معناداری بر خصوصیات فیزیکی خاک ایجاد نمی کند.

۳-۲. مشخصات شیمیایی خاک

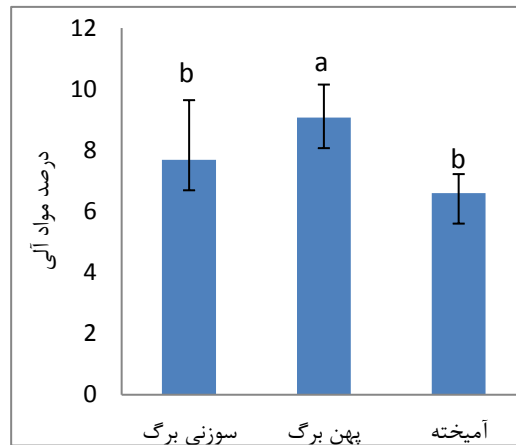
اسیدیته خاک: بیشترین مقدار pH مربوط به منطقه پهن برگ (۶/۵۹) بوده و در دو منطقه دیگر یعنی سوزنی برگ (۶/۱۱) و آمیخته (۶/۱۷) تفاوت ناچیز است. از این رو، آزمون آنالیز واریانس حاکی از تفاوت معنادار بین منطقه پهن برگ و دو منطقه دیگر است (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه اسیدیته خاک در توده های پهن برگ، سوزنی برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 1 Comparison of soil acidity in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

درصد مواد آلی خاک: نتایج آزمون آنالیز واریانس بیانگر عدم تفاوت معنی دار در دو منطقه آمیخته و سوزنی برگ از نظر مواد آلی بوده، اما میزان آن در منطقه پهن برگ در مقایسه با این دو منطقه تفاوت معنی داری را نشان می دهد (شکل ۲).



شکل ۲. مقایسه درصد مواد آلی خاک در توده‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 2 Comparison of the percentage of soil organic matter in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

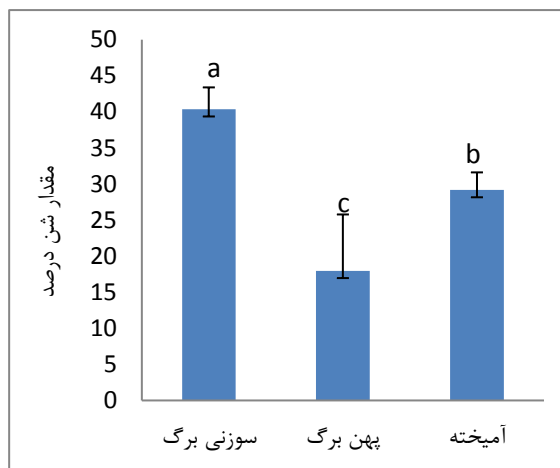
هدایت الکتریکی خاک: با توجه به نتایج آزمون آنالیز واریانس، مقدار هدایت الکتریکی (EC) خاک در سه منطقه سوزنی‌برگ، زربین، آمیخته و پهن‌برگ، تفاوت معنی‌داری را بین منطقه پهن‌برگ و دو منطقه آمیخته و سوزنی‌برگ در سطح پنج درصد نشان می‌دهد، اما بین دو منطقه آمیخته و سوزنی‌برگ در سطح پنج درصد تفاوتی دیده نمی‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه هدایت الکتریکی خاک در توده‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 3 Comparison of electrical conductivity of soil in broadleaf, coniferous and mixed masses in the study area

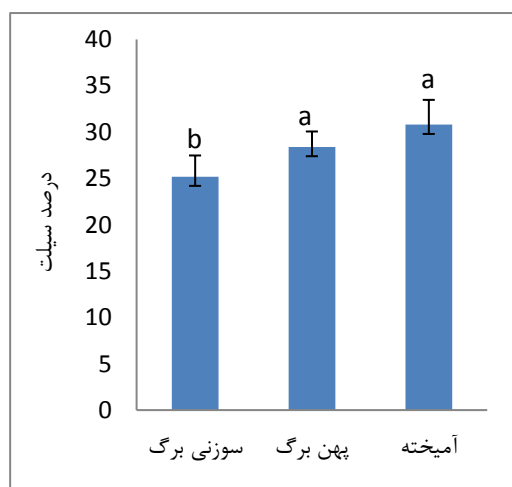
درصد شن خاک: نتایج آزمایش آنالیز واریانس نشان دهنده تفاوت معنادار در سه منطقه است. بیشترین مقدار مربوط به منطقه سوزنی‌برگ و کمترین مقدار مربوط به منطقه پهن‌برگ است (شکل ۴).



شکل ۴. مقایسه درصد شن خاک در توده های پهن برگ، سوزنی برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 4 Comparison of soil sand percentage in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

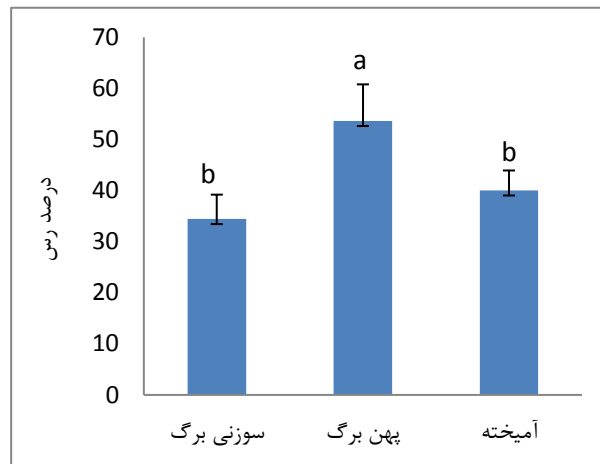
درصد سیلت خاک: بررسی انحراف معیار مقدار سیلت خاک در دو منطقه آمیخته و پهن برگ تفاوت معناداری را نشان نداد. ولی این تفاوت در منطقه سوزنی برگ معنادار بود (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسه درصد سیلت خاک در توده های پهن برگ، سوزنی برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 5 Comparison of soil silt percentage in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

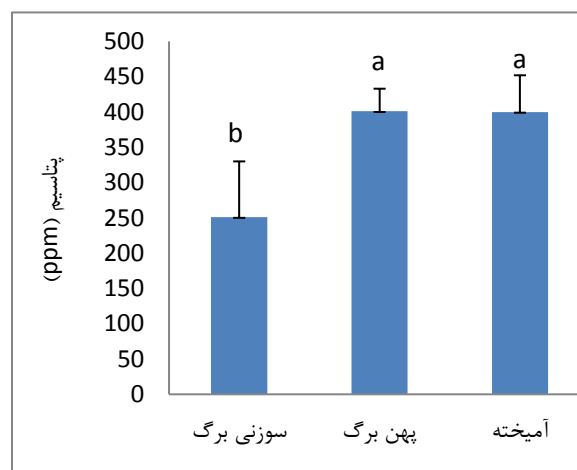
درصد رس: بیشترین مقدار رس در خاک مربوط به منطقه پهن برگ و کمترین مقدار مربوط به منطقه سوزنی برگ بود. آزمون انحراف معیار نشان از تفاوت معنادار منطقه پهن برگ است (شکل ۶).



شکل ۶. مقایسه درصد رس خاک در توده‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 6 Comparison of soil clay percentage in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

پتاسیم خاک: نتایج آزمایش نشانگر میزان پتاسیم (محلول و تبادلی) به مقدار ۴۰۱ ppm برای خاک منطقه پهن‌برگ و به میزان ۴۰۰ ppm منطقه آمیخته است. میزان پتاسیم در منطقه سوزنی‌برگ زربین به میزان ۲۵۱ ppm می‌باشد، که به نسبت قابل توجهی کمتر از میزان پتاسیم خاک در منطقه پهن‌برگ و آمیخته می‌باشد. تجزیه واریانس و انحراف معیار نشانگر این امر است که در منطقه پهن‌برگ و آمیخته تفاوت معنادار نبوده و در منطقه سوزنی‌برگ نسبت به دو منطقه دیگر تفاوت معنادار است. بیشترین مقدار مربوط به پهن‌برگ و کمترین مقدار مربوط به منطقه سوزنی‌برگ است (شکل ۷).

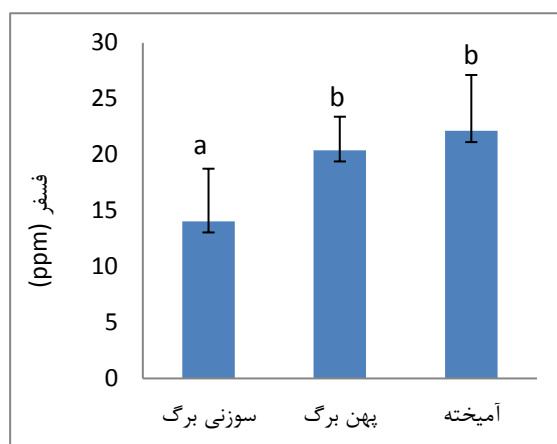


شکل ۷. مقایسه پتاسیم خاک (محلول و تبادلی) در توده‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 7 Comparison of soil potassium (soluble and exchangeable) in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

فسفر خاک: مقادیر به دست آمده در نتایج آزمایش فسفر خاک سه منطقه تحقیق در خاک منطقه پهن‌برگ و آمیخته نزدیک به هم و به ترتیب ۲۰ ppm و ۲۲ ppm می‌باشد و در خاک ناحیه سوزنی‌برگ با کاهش قابل ملاحظه مقدار ۱۴ ppm را نشان می‌دهد. از نظر انحراف معیار و تجزیه واریانس نتایج آزمایش، میزان فسفر خاک در منطقه

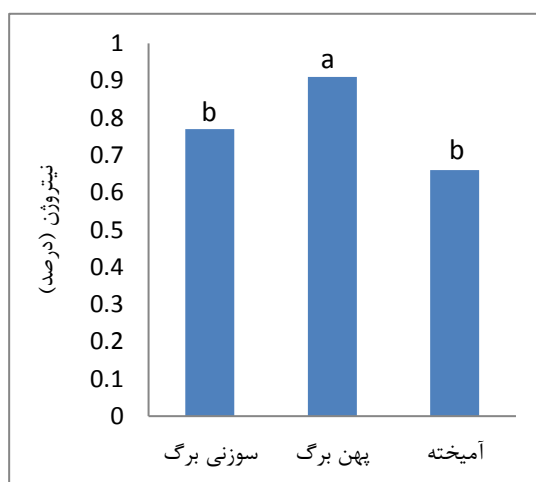
سوزنی‌برگ زرین اختلاف معنی‌داری با دو ناحیه آمیخته و پهن‌برگ دارد و بین دو منطقه آزمایش پهن‌برگ و آمیخته اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.



شکل ۸. مقایسه فسفر خاک در توده‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 8 Comparison of soil phosphorus in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

نیترژن خاک: بیشترین مقدار مربوط به منطقه پهن‌برگ و کمترین آن مربوط به منطقه آمیخته است. نتایج آزمایش حاکی از عدم تفاوت معنادار منطقه سوزنی‌برگ و آمیخته بوده و وجود تفاوت در منطقه پهن‌برگ است.



شکل ۹. مقایسه نیترژن خاک در توده‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در منطقه مورد تحقیق

Fig. 9 Comparison of soil nitrogen in broadleaf, coniferous and mixed stands in the study area

تأثیر گونه‌های درختی بر حاصلخیزی خاک نتیجه واکنش‌های متقابل میان درختان و تمامی اجزای اکوسیستم است و تنها تأثیر درختان بر خاک معدنی نیست. برای مثال، اثرگذاری تاج پوشش یک گونه بر حاصلخیزی خاک در سنگ بسترهای مختلف تفاوت دارد (Augusto و همکاران، ۲۰۰۲). بیشتر مفاهیم تولید پایدار در پروژه‌های جنگل‌کاری به افزایش یا کاهش عناصر غذایی رویشگاه، به‌ویژه در چرخه‌های بهره‌برداری ثانویه، متمرکز می‌شود. از این‌رو، به منظور حفظ پایداری جنگل‌کاری باید

کاهش عناصر غذایی معنادار نبوده و نسبت کربن خاک به نیتروژن در حد ثابت باقی بماند. به عبارت دیگر، نباید هیچ‌گونه تغییر منفی معناداری در شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک ایجاد شود. یادآوری می‌شود که در زمانی که اطلاعات خاک‌شناسی کافی موجود نباشد، انتخاب نمونه شاهد ضروری است (Onyekwelu و همکاران، ۲۰۰۶).

در این پژوهش، درک و تفسیر تغییرات ایجاد شده به واسطه‌ی انجام عملیات جنگل‌کاری و نوع گونه مورد استفاده، عاملی اساسی در تصمیم‌گیری برای مدیریت صحیح و کاربردی به منظور دستیابی به بهترین روش‌های نگهداری و توسعه اکوسیستم و حفاظت خاک در جنگل‌های نوار شمالی کشور است. نتایج این تحقیق نشان داد که خصوصیات فیزیکی خاک، شامل چگالی ظاهری، درصد رطوبت و بافت خاک، بین سه منطقه مورد آزمایش تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد ندارند، که با تحقیق Asghari و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد. همچنین، جنگل‌کاری زربین و آمیخته، در مقایسه با خاک منطقه پهن‌برگ، تأثیر معناداری بر خصوصیات فیزیکی خاک ایجاد نکرده است، که با نتایج Farooqi و همکاران (۲۰۲۱ الف) مشابه است.

بافت خاک نشان دهنده‌ی اندازه اجزا و ذره‌های تشکیل‌دهنده خاک (شن، رس و سیلت) است که در تغذیه و رشد و نمو گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند. بافت خاک تأثیر زیادی بر رژیم‌های حرارتی و رطوبتی، شیمی خاک، یکنواختی مواد آلی و هوارسانی دارد. مقدار ذرات سیلت و رس در خاک این سه منطقه مورد آزمایش نسبتاً زیاد است و از این نظر، نفوذپذیری کم و ظرفیت نگهداری رطوبت مناسبی دارند و در مقایسه با خاک‌های سبک، غنی از عناصر غذایی هستند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که جنگل آمیخته، pH بیشتری نسبت به جنگل‌کاری خالص سوزنی‌برگ دارد. به عبارتی، می‌توان گفت مقدار pH از منطقه سوزنی‌برگ به سمت منطقه پهن‌برگ با شیب ملایم مثبت است. این امر نشان‌دهنده تأثیر مثبت کاشت توأم سوزنی‌برگ زربین در جنگل طبیعی پهن‌برگ بر مقدار pH خاک است، که با نتایج Moslemi Seyed Mahalle و همکاران (۲۰۲۰) همخوانی دارد. هدایت الکتریکی، مهم‌ترین مشخصه خاک‌های شور و قلیایی است و با تعیین آن می‌توان مقدار املاح خاک را محاسبه کرد. هرچه این املاح در خاک بیشتر باشد، مقدار هدایت الکتریکی آن نیز بیشتر است (Mahmoudi و Hakimian، ۲۰۱۶). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی خاک در دو منطقه سوزنی‌برگ زربین و آمیخته تفاوت معناداری با هم ندارند. اما این مقدار در مقایسه با خاک منطقه پهن‌برگ تفاوت معنادار داشته و هدایت الکتریکی بیشتری نسبت به دو ناحیه دیگر دارد، که با نتایج Asghari و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد.

تغییرات کربن آلی خاک مشخصه‌ای مناسب برای ارزیابی تأثیر فرآیند و عملیات مدیریتی اراضی جنگلی و کشاورزی است (Pathak و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که درصد مواد آلی خاک در حد قابل قبول و مطلوب است؛ اما سه ناحیه مورد تحقیق با یکدیگر تفاوت دارند. درصد مواد آلی خاک در ناحیه پهن‌برگ طبیعی کمی بیشتر از دو منطقه دیگر بوده که می‌تواند ناشی از سرعت بیشتر تجزیه برگ‌ها در ناحیه پهن‌برگ باشد که با نتایج Soleimani و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد. نتایج مشخصه نیتروژن نشان داد که آمیختگی موجب کاهش معنادار مقدار نیتروژن خاک نسبت به دو منطقه دیگر شده است. این تفاوت با ناحیه سوزنی‌برگ ناچیز و با ناحیه پهن‌برگ معنادار بود. کمتر بودن مقدار نیتروژن در ناحیه آمیخته نسبت به دو منطقه دیگر می‌تواند ناشی از کم بودن مقدار تجزیه لاشبرگ باشد. علیرغم وجود تفاوت در مقدار نیتروژن خاک در سه منطقه آزمایش، فقر نیتروژن نسبت به فرم نرمال مورد انتظار در کل جنگل منطقه مشاهده نشد که با نتایج Lu و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی دارد. همواره رابطه‌ای بین پتاسیم و نیتروژن در حاصلخیزی خاک وجود دارد و بخشی از قابلیت ذخیره و جذب نیتروژن و تمرکز آن در اندام گیاه مدیون نقش عنصر پتاسیم است (Varavipour، ۲۰۰۴؛ Li و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار پتاسیم در ناحیه پهن‌برگ و آمیخته نزدیک به هم و در منطقه سوزنی‌برگ کاهش محسوسی دارد، که با نتایج Asghari و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد.

Skandari و همکاران (۲۰۲۰) اثر گونه های بلوط ایرانی و زربین را بر خصوصیات خاک در کهگیلویه و بویراحمد بررسی کردند. نتایج آن ها نشان داد که زربین موجب کاهش pH، مواد آلی و نیتروژن خاک گردیده، در حالی که گونه بلوط ایرانی این مقادیر را افزایش می دهد، که با یافته های تحقیق حاضر همخوانی دارد. با این حال، در میزان فسفر، پتاسیم و هدایت الکتریکی تفاوت هایی مشاهده شد، که احتمالاً به تفاوت های اکولوژیک و خاک شناسی مناطق مربوط می شود. این مقایسه می تواند به درک بهتر اثرات جنگل کاری با زربین و تصمیم گیری های مدیریتی کمک کند. تحقیق Montagnini (۲۰۰۰) نشان داده است که در جنگل های خالص و آمیخته، ترکیب گونه های مختلف درختی می تواند موجب تغییر در چگالی و میزان نفوذپذیری خاک شود. مطالعه حاضر نیز نشان داد که جرم مخصوص ظاهری در مناطق مختلف تفاوت معناداری دارد و منطقه پهن برگ دارای بالاترین مقدار (۱/۶۶ گرم بر سانتی متر مکعب) بوده، در حالی که منطقه سوزنی برگ کمترین مقدار را نشان داده است. تحقیقات Piotto و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده است که جنگل کاری با گونه های سوزنی برگ می تواند منجر به کاهش pH خاک شود. این نتیجه با یافته های تحقیق حاضر در خصوص کاهش pH در منطقه سوزنی برگ مطابقت دارد. همچنین، منطقه آمیخته از نظر pH در وضعیت میانی بین دو منطقه دیگر قرار دارد، که ممکن است نشان دهنده اثر تعدیل کننده ترکیب دو نوع گونه درختی باشد. بر اساس مطالعه ای که توسط Thomas و Vilela (۲۰۰۱) انجام شد، جنگل کاری با گونه های سوزنی برگ موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک می شود، که با نتایج تحقیق حاضر در خصوص بیشتر بودن EC در مناطق سوزنی برگ و آمیخته نسبت به منطقه پهن برگ همخوانی دارد. همچنین، مطالعه حاضر نشان داد که مقدار مواد آلی خاک در منطقه پهن برگ نسبت به مناطق دیگر بیشتر بوده که می تواند ناشی از سرعت بیشتر تجزیه برگ ها در این منطقه باشد (Lu و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج حاصل از پژوهش های Farooqi و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داده اند که میزان کربن آلی خاک در مناطق جنگلی آمیخته بیشتر از مناطق جنگلی خالص است، که این یافته با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در خصوص مقدار نیتروژن خاک، نتایج تحقیق نشان داد که منطقه آمیخته کمترین مقدار را دارد. این یافته مطابق با تحقیق Pathak و همکاران (۲۰۰۴) است که نشان می دهد کاهش نیتروژن می تواند نتیجه کم بودن تجزیه لاشبرگ در مناطق خاص جنگلی باشد.

۴. نتیجه گیری

نتایج این تحقیق، وجود تفاوت هایی را در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سه منطقه مورد مطالعه نشان داد. از این رو، این تأثیرات بایستی در مدیریت و احیای پایدار جنگل با گونه زربین مورد توجه قرار گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش می توان گفت که کاشت خالص سوزنی برگ تأثیر منفی بر خاک منطقه مورد تحقیق دارد؛ اما تأثیر آن به صورت آمیخته با جنگل پهن برگ مطلوب و قابل قبول است. در واقع، کاشت توأم سوزنی برگ زربین به صورت آمیخته با پهن برگان منطقه از نظر فیزیک و شیمی خاک توصیه می شود. با توجه به اینکه در سال های اخیر، کاشت سوزنی برگان در جنگل های شمال ایران با توجه به سریع الرشد بودن و مقاومت بالای اکولوژیک توصیه می شود، مطالعات دقیق تری برای تأثیر این گونه ها روی خاک مورد نیاز است. از طرف دیگر، مطالعات بیشتری در مورد تأثیر رقابتی این گونه ها در اکوسیستم های آمیخته با پهن برگ مورد نیاز است که مشخص شود آیا این گونه ها دارای ماهیت تهاجمی هستند یا خیر؟ لازم به ذکر است که شاخص های دیگری در کنار این موضوع تحقیق مانند شرایط اکوسیستم، رقابت گیاهان منطقه، وجود آفات و بلایای طبیعی، اقتصاد جنگل و کنش های محیطی، همچنین بحث تبادلات آب باید مد نظر قرار گیرد، تا در خصوص چگونگی کاشت گونه زربین نظر دقیق تری داد.

۵. سپاسگزاری

بدینوسیله از همه عزیزانی که در انجام این تحقیق کمک کرده اند، صمیمانه قدردانی می شود.

۶. داده‌ها و اطلاعات

مبنای داده‌ها و اطلاعات مقاله حاضر، پایان‌نامه نویسنده اول است.

۷. تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافع وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

۸. مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این مقاله به شرح زیر است:

مشارکت احمد مظاهری، داده‌برداری، تفسیر و تحلیل داده‌های مقاله و ویرایش متن اولیه مقاله می‌باشد.

مشارکت علیرضا مشکی، نظارت و راهنمایی بر روند انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج و ویرایش نهایی متن مقاله، تأمین امکانات و تفسیر و تحلیل آماری داده‌های مقاله می‌باشد.

مشارکت هومن روانبخش، نظارت و راهنمایی بر روند انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج و ویرایش نهایی متن مقاله، می‌باشد.

مشارکت محمدکیا کیانیان، نظارت و راهنمایی بر روند انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج و ویرایش نهایی متن مقاله، می‌باشد.

۹. تعارض منافع

در این مقاله، تعارض منافع وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

۱۰. مراجع

1. Asghari Aghozgoleh, Kh., Jalilvand, H., & Asadi, H. 2023. The impact of reforestation with broadleaved and coniferous species on soil properties and carbon storage (Case study: Kolet Forest). *Environmental Science*, 21(4), 99-112.
2. Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., & Rothe, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59(3), 233-253.
3. Azami, F., Heydari, M., Faramarzi, M. & Naderi, M. 2016. Response of vegetation composition and diversity to soil physico-chemical and biological properties to degradation Zagros forest ecosystem. *Iranian Journal of Biology*, 32(2), 56-70. <https://doi: 20.1001.1.23832592.1397.31.2.2.0>. [In Persian]
4. Blake, G. R., & Hartge, K. H. 1986. Bulk density. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 363-375.
5. Eshaqirad, J., Gharnezhad, P. & Banj Shafiei, A. 2015. Quantitative evaluation of pinus nigra forest plantation and its effect on species diversity and soil chemical characteristics of pasture ecosystems (Case study: Urmia airport forestry). *Iranian Forestry Journal*, 6(4), 471-482. [In Persian]
6. Fakhari Rad, M. 2014. Investigating the effect of Populus deltoids afforestation on the physical and chemical properties of soil in Gilan province. Master Thesis, Faculty of Natural Resources, Gilan University, 101 p. [In Persian]
7. Farooqi, A., Ahmad, W., Rahman, T., & Khan, M. 2021a. Effects of tree species composition on soil nutrient dynamics in temperate forests. *Environmental Research*, 195, 110874.
8. Farooqi, T. J. A., Li, X., Yu, Z., Liu, S. & Sun, O. J. 2021b. Reconciliation of research on forest carbon sequestration and water conservation. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 7-14. <https://doi:10.1007/s11676-020-01138-2>
9. Gee, G. W., Bauder, J. W. & Klute, A. 1986. *Methods of soil analysis. Part 1, physical and mineralogical methods*. Soil Science Society of America Book Series. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, pp. 404-410.
10. Jafari Haqiqi, M. 2013. *Methods of soil analysis: Sampling and important physical and chemical analyses with an emphasis on theoretical and practical principles*. Nedaya Zohi Publication, 240 p.

11. Jalilvand, H., Jafarian, Z., & Yousefi, M. 2014. The effect of broadleaf and coniferous afforestation on the amount of soil carbon storage in Brinjistanak forest of Mazandaran province. *Natural Environment (Natural Resources of Iran)*, 68(2), 179-190. [In Persian]
12. Khalili Ardali, Z., Mirazadi, Z. & Mansour, S. R. 2019. Estimation of biomass, carbon sequestration and leaf area of *Acer monspessulanum* in Middle-Zagros, case study: Ghaleh Gol forests in Lorestan province. *Journal of Forest Research and Development*, 5(2), 245-257. <https://doi.org/10.30466/JFRD.2019.120726>. [In Persian]
13. Li, Y., Zhou, W., Jing, M., Wang, S., Huang, Y., Geng, B., & Cao, Y. 2022. Changes in reconstructed soil physicochemical properties in an opencast mine dump in the Loess Plateau Area of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 706. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020706>.
14. Lu, X., Vitousek, P. M., Mao, Q., Gilliam, F. S., Luo, Y., Turner, B. L., & Mo, J. 2021. Nitrogen deposition accelerates soil carbon sequestration in tropical forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(16), e2020790118.
15. Mahmoudi, Sh. & Hakimian, M. 2016. Basics of soil science. Tehran University Publications, 700 p. [In Persian]
16. Mahmoudi, E., Ramezani Kakroudi, A., Banj Shafiei, A., Salehi, M., Pato, O., & Hosseinzadeh, O. 2021. The study of soil carbon storage in Lavizan Forest Park, Tehran. *Journal of Forest Research and Development*, 7(2), 327-342. doi: 10.30466/jfrd .2021.121009. [In Persian]
17. Matin Kia, M., Pilehvar, B. & Matinfar, H. 2013. The effect of afforestation with coniferous and broadleaf species on some chemical and physical properties of soil (Case study: Durood city forest park). *Scientific Research Quarterly of Iran's Natural Ecosystems*, 2(2), 89-97. [In Persian]
18. Mohr, D., Simon, M., & Topp, W. 2005. Stand composition affects soil quality in oak stands on reclaimed and natural sites. *Geoderma*, 129, 45-53.
19. Montagnini, F. 2000. Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. *Forest Ecology and Management*, 134(1-3), 257-270.
20. Moraghebi, F., Ali Ahmad Karori, S., Khanjani Shirazi, B., Teimori, M., & Hemati, A. (2013). Investigating the effects of eucalyptus planting on understory vegetation and some soil properties in comparison with adjacent forest areas in Astara. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13(1), 93-109.
21. Moscatelli, M. C., Marabottini, R., Massaccesi, L., & Marinari, S. 2022. Soil properties changes after seven years of ground mounted photovoltaic panels in Central Italy coastal area. *Geoderma Regional*, 29, e00500. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00500>
22. Moslemi Seyed Mahalle, S. M., Jalali, S. G., Hojjati, S. M. & Kooch, Y. 2020. The effect of different forest types on soil properties and biodiversity of grassland cover and regeneration in central Hyrcanian Forests (Case study: Seri-Alandan-Sari). *Journal of Ecology of Iranian Forests*, 7(14), 10-21. <https://doi.org/10.29252/ifej.7.14.10>. [In Persian]
23. Mousavi Sani, M., Azarakhshi, M., Nazari Samani, A., & Farzadmehr, J. 2023. Determining the effect of plant species type on some soil properties in the mountain rangelands in Kakhk watershed. *Journal of Rangeland*, 16(4), 765-778.
24. Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2020). *vegan: Community ecology package (Version 2.5-7)* [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
25. Onyekwelu, J. C., Mosandl, R., & Stimm, B. 2006. Productivity, site evaluation and state of nutrition of *Gmelina arborea* plantations in Oluwa and Omo forest reserves, Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 229(1), 214-227.
27. Pathak, P., Sahrawat, K. L., Rego, T. J., & Wani, S. P. 2004b. Measurable biophysical indicators for impact assessment: Changes in soil quality. *Natural resource management in agriculture: Methods for assessing economic and environmental impacts*. CAB International Publishing, Wallingford Oxfordshire, UK, pp. 53-74.
28. Piotto, D., Viquez, E., Montagnini, F., & Kanninen, M. 2004. Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: A comparison of growth and productivity. *Forest Ecology and Management*, 190(2), 359-372.
29. Sayad, A., Hosseini, S. M., Mokhtari, J. & Mahdavi, R. 2017. Comparison of soil properties in pure and mixed plantations of *Populus deltoides* Marsh. and *Alnus subcordata* C.A.Mey. *Journal of Soil and Water Sciences*, 19(1), 105-112. <https://doi.org/10.22092/IJSR.2005.127426>. [In Persian]
30. Skandari, F., Basiri, R. and Moradi, M. 2020. Effect of *Quercus brantii* Lindl and *Cupresss sempervirens* L. var. *horizontahis* on soil physical and chemical properties in Kohgiluyeh and Boyerahmad. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 33(4), 770-780. [In Persian]
31. Sohrabzadeh, Z., & Kooch, Y. 2024. The effect of shrub covers on some soil properties in a semi-arid climate. *Journal of Water and Soil*, 38(2), 223-237. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jsw.2024.85947.1364>

32. Soleimani, A., Hosseini, S. M., Massah Bavani, A. R., Jafari, M. & Francaviglia, R. 2019. The effects of tree species on soil organic carbon and soil properties in natural forest and plantations of Northern Iran (Case study: Darabkola Forest-Sari). *Environmental Science and Technology*, 21(9), 173-184.
33. Sun, W., & Liu, X. 2020. Review on carbon storage estimation of forest ecosystem and applications in China. *Forest Ecosystems*, 7(1), 1-14. [https://doi: 10.1186/s40663-019-0210-2](https://doi.org/10.1186/s40663-019-0210-2).
34. Tandom, H. L. S. 1995. Methods of analysis of soils, plants, water and fertiliser. New Delhi, India.
35. Thomas, R., & Vilela, L. 2001. Effects of pinus caribae forests on the C, N, P, and S. status of Brazilian savanna Oxisols. *Forest Ecology and Management*, 147, 171-182.
36. Varavipour, M. 2004. General soil science. Payam Noor University Publications, 366 p. [In Persian]
37. Walkley, A. & Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
38. Weidlich, E. W., Flórido, F. G., Sorrini, T. B., & Brancalion, P. H. 2020. Controlling invasive plant species in ecological restoration: A global review. *Journal of Applied Ecology*, 57(9), 1806-1817. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13656>
39. Zarafshar, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M., Alizadeh, T., Bordbar, S. K., Rousta, M. J. and Abbasi, A. 2021. The impact of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) decline on stand soil characteristics (Case study: Kohmareh Sorkhi, Fars Province). *Forest and Wood Products*, 74(1), 97-110. doi: 10.22059/jfw.2020.305087.1116. [In Persian]
40. Zarrinkafsh, M., Salehi A., Marvi Mohajer, M. R., & Zahedi Amiri, Q. 2014. Investigation of changes in physical and chemical properties of soil in tree ecological groups in Khairudkanar forest Namkhaneh series. *Journal of Natural Resources of Iran*, 58(3), 1-12. [In Persian]